신기술 · 신공법

경량 철골 모듈러 유닛 구조 공법 - 친환경 신기술

- 이동및재사용용이, 공정축소는물론재활용도가능-

우리나라 대부분의 건물은 콘크리트 구조로서 습식공법위주의현장시공으로건립되는 것이 일반적이다. 이러한현장시공방법은 기능인력의숙련도및현장관리 · 감독자의 역량, 현장의 환경 조건, 공사 기간중의기후변화, 자재의수급정도등여러가지요인에의하여영향을받으므로현장마다 시공품질이나공기등에차이가발생하게된다.

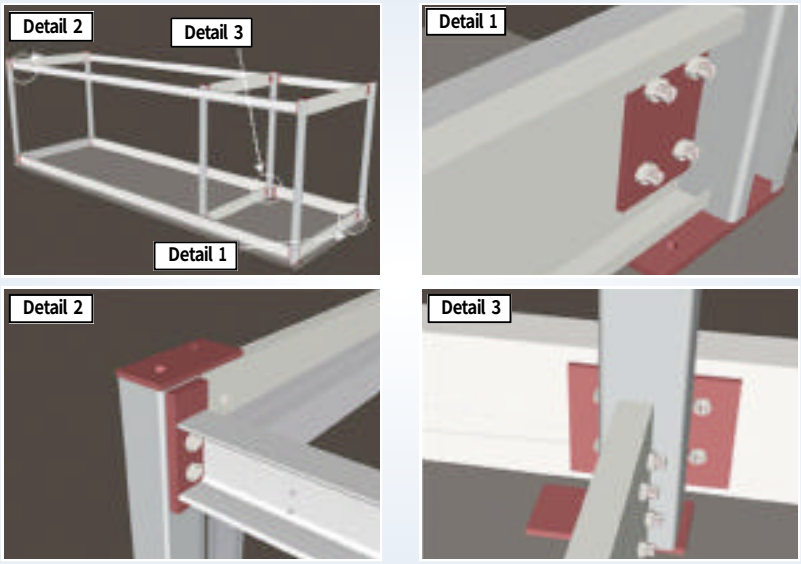
이에 반해 영국과 독일, 일본 등 선진 외국에서는공장생산기반의공업화건축기술을 지속적으로 개발하여 주택 및 학교를 비롯한 군 시설물, 오피스 빌딩 등 다양한 유형의 건축물들에 폭넓게 적용하고 있다. 최근 국내에서는 건설 인력의 부족과 건축물의품질향상에대한요구증대로현장위주의습식공법에서벗어나건식공법과같은새로운건설공법을지향하고있으며, 환경친화적인건축시스템에대한요구도증가하고있다.

따라서국내건설산업및건설환경전반에대한능동적인발전을위하여이동및재사용이 가능한경량철골모듈러유닛의구조 시스템 및 제작, 설치 공법을 개발하게 되었다.

주요 구조 부재의 부품화로 생산성 향상

모듈러 건축 시스템은 미국과 유럽 등에서 기반 기술이 개발된 건축 시스템으로서 박스형의 공장 생산된 모듈을 사용하여 개개의 모듈을 조합, 적층시켜 건립하는건축물의생산및시공방식이다. 모듈러신기술 개발의 최종 목표는 건축물의 시공에 있어서현장작업의최소화와공기단축, 나아가 시공품질의향상이 가능한공장생산기반의경량철골 모듈러시스템을개발하는것이다.

모듈러 유닛의 주요 접합부 상세도



경량 철골 모듈러 기술 개발 방향

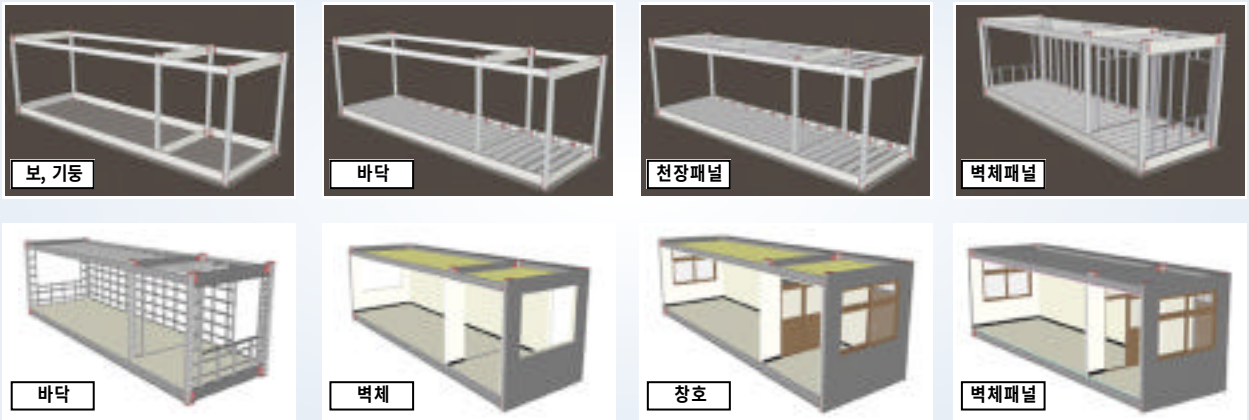
- 주요 구조 부재의 부품화를 통한 생산 효율의 향상
- 공장 생산 비율의 향상을 통한 현장 시공의 최소화 및 습식 시공 방법의 지양
- 현장에서의 공기 최소화를 위한 시스템의 구성
- 영구 건축물에 뒤지지 않는 구조적 안전성 확보
- 설치 후 이동 및 재사용이 가능한 접합 방식 개발

현장 조립 완성으로 시공 효율성 확보

모듈러 건축물은 공장에서 제작된 모듈러 유닛을 현장에서 조립하여완성된다. 모듈러 유닛을 구성하는 주요 구조 시스템과 현장조립을위한접합부의구조시스템, 모듈러유닛의공장제작및현장조립공법으로구성된다.

모듈러 건축물을 구성하는 기본 단위인 모듈러 유닛의 골조 · 바닥 · 벽체 등 구조 시스템은모듈러신기술의1차적인구성요소이다. 박스형 모듈은 코너부와 중간부를 지지하는 6개의 기둥과 상 · 하부의 8개의 보로구성되는골조구조를갖는다. 따라서, 바닥판 수직 하중(고정 하중 및 활 하중)과 수평 하중(지진 및 풍 하중)은 모듈러 유닛

모듈러 유닛의 구조체 공장 제작 단계와 마감 공장 제작 단계



의 골조 및 그 접합부에 의해 지지된다. 모듈의 골조는 외력뿐 아니라 양중시 발생하는 응력에 대해서도 지지되도록 설계한다. 모듈러 유닛의 구조 시스템은 열연 형강인 각형 강관과 C형강 및 아연 도금 강판으로 제작된 경량 C형강을 사용해 구성한다. 주요 접합부의 접합은 볼트 접합을 이용함으로써 공장에서의 생산성 및 시공 정밀도를 최대한확보할수있도록한다.

모듈러 유닛의 기둥은 각형 강관 부재로 제작된다. 기둥의 상하부 단부에는 플레이트를 용접함으로써 인접 모듈과의 접합이 가능하도록 하였다. 또한 인접 보 및 인접 모듈과의 접합을 위해 기둥 상하부 단부에 U형 체결구를 둠으로써 폐단면인 각형 강관부재의접합이용이하도록하였다.

모듈러 유닛의 보 부재는 C형강을 사용해 제작된다. 보의단부에는엔드플레이트를 용접하여 기둥과의 접합이 용이하도록 하였다. 바닥판은조이스트와CPB(Cement Particle Board)를이용해완전건식으로구성하며, 조이스트와 CPB를 이용한 바닥판 구조를적용함으로써모듈의경량화가가능하도록하였다. 조이스트와C형강의접합은 앵글과스크류를이용함으로써시공성이용이하도록하였다.

모듈러 유닛의 천장은 바닥판 시스템과 유사하게 조이스트와 CPB로 구성된다. 벽체는 스터드를 이용한 비내력 벽체로 구성된다. 상부 보와 하부 보의 접합은 스터드상, 하단부를트랙에끼워넣은후설치함으로써패널화공법을이용해쉽게시공이되도록하였다. 바닥판과천장및벽체를제외한 기둥-보 접합부는 모두 고력 볼트를 이용한접합부로구성하였다.

마감 공정 중 보드류를 부착하는 공정에서는전기및설비배관의설치작업이동시에수행된다.

이동 · 재사용 필요한 시설 건축에 유리

국내 교육 현장에서는 지역별로 학생 수의변화로인해시설의증설및이전등에대한요구가많아지고있다. 따라서기존의시설에 비하여 보다 탄력적으로 활용이 가능한새로운건축 시스템에대한요구가 높아지고 있다. 노후화된학교 시설의 개축이나 증축을 위한 현장에서는 임시 교육 시설로서 컨테이너 가교사가 대부분 사용되고 있다. 이러한 컨테이너 가교사는 주거 성능이 열악하므로 보다 향상된 교육 환경의 확보를위해서는품질 및성능 개선이 이루어져야할필요가있다. 이동및재사용이가능한경량철골모듈러유닛의구조시스템및제작, 설치공법은이러한교육현장의제반문제점을효과적으로해결할 수있는건축 시스템으로서, 기존의 공법으로 건립된 교사보다더욱우수한품질과성능및시공의효율성을확보할수있다는장점이있다.

시범 사업 현장은 서울시 양천구 신정동 1274의 신기초등학교로서 건축 면적 362.84㎡(109.76평), 연면적 717.57㎡(217.06평), 지상2층의건물에일반교실6개와화장실4개가신축되었다.

모듈의 디자인은 1개 교실의 크기가 9m×10m(교실 7.5m, 복도 2.5m)이므로 3개의모듈을사용하여1개교실을설치하였다. 모듈의 크기는 3m×10m이며, 화장실은 6m×3m 모듈2개를사용하여제작하였다.

시범 시공된 모듈러 학교 건축물은 공장 제작 및 현장 운반, 현장 기초 공사, 1층 및 2층 모듈 시공, 지붕 트러스 공사, 마감 공사의순으로건립되었다.

공정 축소 · 재활용 가능

모듈러 신기술은 기존의 건설 공법에 비해 공정이 간단하고 가설 공사가 최소화되며, 골조공사와내장공사, 설비공사등이 공장에서대부분이루어지고현장에서의공정은모듈의조립과지붕공사및외장공사 등으로 단순 축소된다. 공장에서 수행되는 대부분의 공정은 날씨의 변화에 영향을 받

모듈러 학교 시공 과정(서울 신기초등학교)

<모듈러유닛공장제작>

<모듈러유닛현장운송>

<기초공사>

<1층모듈현장설치및조립>

<2층모듈현장설치및조립>

<지붕트러스시공>

<마감공사>

<모듈러학교건축물완공>

지않으므로강우나혹한등에의해현장시공이제한받는기존의공법에비해매우유리하다. 모듈의경량화로인해기초에대한하중부담이감소하여기초공사가기존공법에비해축소되는장점이있으며, 또한경량의 모듈 단위로 양중되므로 양중 공정이 축소되고 양중 장비를 효율적으로 운용할 수 있는 장점이 있다. 공장 생산으로 인해 치수 정밀도의 확보가 용이하여 품질 관리가쉬우며, 이로인해설치과정에서오차를 줄이는 것이 가능하기 때문에 모듈 접합부의내장공사를비롯한모든작업이용이하게 이루어진다. 모듈러신기술은기존건축물의옥상층 위에증축하는경우 기존건물에 영향을 최소화하면서 공정을 단순화할 수있는장점도있다.

또한 모듈러 신기술은 모듈의 골조가 완성된이후, 현장 공사가 수행됨으로써현장에서의노무자들이위험에노출될가능성이 줄어든다는점에서시공상안전성의확보가 용이하다. 또한예상치못한공기지연을방지할수있고공사비를비교적쉽게예측할 수있으며, 자재비및노무비의등락에따른 영향을 최소화할 수 있다. 아울러, 공장 생산 비율이 높으므로 안정적인 인력 수급이 가능하다. 또한 표준화된 모듈을 사용함으로써설계및시공과정에서전문인력에대한 요구가 감소한다는 점도 모듈러 신기술의큰장점이라고할수있다.

폐기물 감축 용이한 친환경 기술

모듈러 신기술을 적용함으로써 기존의 건축공법에 비해공장및 현장에서의쓰레기의발생이현저히 감소된다. 건설폐자재의감소외에현장에서의소음및분진발생이 최소화된다는 점도 환경 친화성 면에서 큰장점이다. 특히학교시설과같은건물의 증축 및 도심지에서의 건축시 인접한 건물의 사용자들에게 미치는 피해도 기존 공법에 비해 현저히 감소한다. 모듈러건축물은 재활용뿐만 아니라 모듈의 해체 후 재사용이가능하므로강재외의건설자재대부분의 재사용이 가능하다는 점에서 친환경 건축 시스템이라고 할 수 있다.

김갑득
포항산업과학연구원강구조연구소
박판구조연구팀장